



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN SISTEM KONTROL HVAC RUANG
OPERASI BERBASIS BMS DENGAN MEKANISME AHU
BACKUP**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Tio Satria Niskalla

2203411045

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN SISTEM KONTROL HVAC RUANG
OPERASI BERBASIS BMS DENGAN MEKANISME AHU
BACKUP**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Terapan**

**Tio Satria Niskalla
2203411045**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Tio Satria Niskalla

NIM : 2203411045

Tanda Tangan :

Tanggal : 22/06/2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Tio Satria Niskalla
NIM : 2203411045
Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Kontrol HVAC Ruang Operasi Berbasis BMS dengan Mekanisme AHU Backup

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Kamis, 2 juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Dr. Isdawimah, S.T., M.T
NIP. 196305051988112001

Pembimbing II : Imam Halimi, S.T., M.Si
NIP. 197203312006041001

Depok, 16 juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan tenaga untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Pihak PT. MITRA INTI ELEKTRINDO beserta pembimbing di industri yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan.
3. Orang tua yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
4. Teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 22 juni 2026

Tio Satria Niskalla



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol HVAC ruang operasi berbasis Building Management System (BMS) dengan mekanisme AHU backup. Sistem ini dirancang untuk menjaga parameter udara ruang operasi, meliputi temperatur, kelembapan relatif (RH), tekanan ruang, airflow, dan air change per hour (ACH), serta menjaga kontinuitas pengondisian udara ketika AHU utama dialihkan ke unit backup. Implementasi dilakukan menggunakan Direct Digital cotroller (DDC) dengan logika kontrol berbasis Function Block Diagram (FBD), yang terintegrasi dengan sensor temperature & RH (TRH), Differential Pressure Transmitter (DPT), Differential Pressure Switch (DPS), motorized damper, motorized valve cooling coil, SCR electric heater, supply fan, exhaust fan, WorkStation PC, dan HMI. Pengujian dilakukan melalui variasi fan speed, variasi setpoint temperatur, serta validasi switching AHU-05 sebagai unit backup untuk operating theater (OT) 1 dan 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi operasi paling sesuai diperoleh pada fan speed 48%, dengan airflow 4.588 m³/h, ACH 31,9 kali/jam, DP room +25,8 Pa, temperatur ruang 20,0°C, dan RH 47,0%. Pada variasi setpoint 19–22°C, sistem tetap mampu mempertahankan parameter ruang dalam acuan pengujian. Pengujian switching menunjukkan bahwa AHU-05 dapat mengambil alih pelayanan OT-1 dan OT-2, dengan seluruh parameter utama tercapai pada menit ke-12. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol HVAC ruang operasi berbasis BMS dengan mekanisme AHU backup dapat diterapkan untuk mendukung pengendalian parameter udara dan kontinuitas pengondisian udara ruang operasi.

Kata kunci: HVAC ruang operasi, BMS, sistem kontrol, FBD, AHU backup.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

This research aims to design an HVAC control system for operating rooms based on a Building Management System (BMS) with a backup AHU mechanism. This system is designed to maintain operating room air parameters, including temperature, relative humidity (RH), room pressure, airflow, and air change per hour (ACH), as well as maintain continuity of air conditioning when the main AHU is switched to the backup unit. Implementation is carried out using a Direct Digital Controller (DDC) with a Function Block Diagram (FBD) based control logic, which is integrated with temperature & RH (TRH) sensors, Differential Pressure Transmitter (DPT), Differential Pressure Switch (DPS), motorized damper, motorized valve cooling coil, SCR electric heater, supply fan, exhaust fan, WorkStation PC, and HMI. Testing was conducted through fan speed variations, temperature setpoint variations, and AHU-05 switching validation as a backup unit for operating theater (OT) 1 and 2. The test results showed that the most suitable operating conditions were obtained at a fan speed of 48%, with an airflow of 4,588 m³/h, ACH 31.9 times/hour, DP room +25.8 Pa, room temperature 20.0°C, and RH 47.0%. At setpoint variations of 19–22°C, the system was still able to maintain the room parameters within the test reference. Switching tests showed that AHU-05 could take over the services of OT-1 and OT-2, with all main parameters achieved in the 12th minute. From these results, it can be concluded that a BMS-based operating room HVAC control system with a backup AHU mechanism can be implemented to support air parameter control and continuity of operating room air conditioning.

Keywords: *operating room HVAC, BMS, control system, FBD, AHU backup*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang.....	11
1.2 Perumusan Masalah.....	12
1.3 Tujuan	12
1.4 Luaran	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Penelitian terdahulu yang Relevan.....	14
2.2 Konsep atau Teori yang Relevan.....	15
2.2.1 Pengendalian Temperatur dan Kelembapan Relatif (RH)..	15
2.2.2 Pengendalian Tekanan, Airflow dan ACH	17
2.2.3 <i>Air Handling Unit</i> (AHU).....	18



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.4	Sensor dan instrumentasi HVAC.....	21
2.2.5	<i>Direct Digital Controller (DDC)</i>	23
2.2.6	<i>Building Management System (BMS)</i>	24
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI		25
3.1	Rancangan Sistem	25
3.1.1	Deskripsi Sistem.....	25
3.1.2	Cara Kerja Alat	25
3.1.3	Spesifikasi Alat.....	28
3.1.4	Implementasi Sistem Kontrol.....	31
3.2	Realisasi Alat	34
3.2.1	I/O Point AHU.....	34
3.2.2	Logika Kontrol AHU	38
3.2.3	<i>User Interface</i>	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Pengujian I	56
4.1.1	Deskripsi Pengujian	56
4.1.2	Prosedur Pengujian.....	56
4.1.3	Data Hasil Pengujian	57
4.1.4	Analisis Data / Evaluasi	61
4.2	Pengujian II.....	65
4.2.1	Deskripsi Pengujian	65
4.2.2	Prosedur Pengujian.....	66
4.2.3	Data Hasil Pengujian	67
4.2.4	Analisis Data / Evaluasi	68
BAB V PENUTUP		70



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.1	Simpulan.....	70
5.2	Saran.....	71
	DAFTAR PUSTAKA	72
	LAMPIRAN	74



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Air Handling Unit (AHU).....	19
Gambar 2.2 Damper.....	19
Gambar 2.3 Filter.....	20
Gambar 2.4 Cooling Coil (CC)	20
Gambar 2.5 Electric Heater (EH)	21
Gambar 2.6 Supply Fan	21
Gambar 2.7 Sensor Temperature Relative Humidity (TRH).....	22
Gambar 2.8 Differential Pressure Transmitter (DPT).....	22
Gambar 2.9 Differential Pressure Switch (DPS)	23
Gambar 3.1 Diagram Blok Proses HVAC Ruang Operasi.....	26
Gambar 3.2 Implementasi Sistem HVAC Ruang Operasi	27
Gambar 3.3 Implementasi Instrumentasi Sistem HVAC Ruang Operasi	32
Gambar 3.4 Topologi Sistem Kontrol dan Komunikasi.....	33
Gambar 3.5 Flowchart AHU	39
Gambar 3.6 Selector Mode dan AHU pada Program AHU Utama	41
Gambar 3.7 Selector Ruang Backup pada Program AHU-05	42
Gambar 3.8 Selector Mode pada Program AHU-05	42
Gambar 3.9 Input Damper Opening	44
Gambar 3.10 Output Damper Opening	45
Gambar 3.11 Monitoring Airflow, ACH, dan Fault Supply Fan AHU.....	46
Gambar 3.12 Pengendalian Kecepatan Supply Fan AHU.....	47
Gambar 3.13 Pengendalian Heating Electric Heater	48
Gambar 3.14 Pengendalian Kecepatan Exhaust Fan	50
Gambar 3.15 Pengendalian Bukaannya Damper Ex Fan.....	51
Gambar 3.16 User Interface Sistem AHU Ruang Operasi	53
Gambar 3.17 User Interface HMI Ruang Operasi	54
Gambar 4.1 Pengaruh Fan Speed terhadap ACH dan DP Room.....	62
Gambar 4.2 Grafik Respons TDPT terhadap Waktu	64
Gambar 4.3 Grafik Respons Electric Heater terhadap Waktu.....	65
Gambar 4.4 Grafik Ketercapaian Parameter Udara setelah Switching AHU-05..	68



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat	28
Tabel 3.2 Point List.....	34
Tabel 4.1 Kondisi Standar atau Acuan Ruang Operasi.....	56
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Parameter Udara AHU-01	57
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Variasi Setpoint Temperatur.....	59
Tabel 4.4 Rekapitulasi Pengujian Variasi Fan Speed	61
Tabel 4.5 Rekapitulasi Pengujian Variasi Setpoint Temperatur	61
Tabel 4.6 Skenario Pengujian Validasi Switching Backup AHU-05.....	66
Tabel 4.7 Data Hasil Validasi Switching Backup AHU-05 pada OT-1	67
Tabel 4.8 Data Hasil Validasi Switching Backup AHU-05 pada OT-2.....	67
Tabel 4.9 Rekapitulasi Validasi Switching Backup AHU-05	68





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruang operasi merupakan area pelayanan medis dengan tingkat risiko tinggi karena selama tindakan pembedahan, organ pasien dapat terpapar langsung oleh kondisi lingkungan ruangan tersebut. Oleh karena itu, ruang operasi memerlukan sistem tata udara yang mampu menjaga kondisi lingkungan tetap terkendali agar tidak menambah resiko terhadap pasien saat proses tindakan operasi berlangsung. Salah satu sistem yang berperan penting dalam hal tersebut adalah *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC), yang berfungsi sebagai pengondisian kualitas udara (Suparman, 2010; Aghili et al., 2025).

Pada ruang operasi, pengondisian udara tidak hanya ditujukan untuk mencapai kenyamanan termal, tetapi juga untuk menjaga kualitas udara agar memenuhi persyaratan ruang operasi. Parameter seperti temperatur, kelembapan relatif (RH), tekanan, dan tingkat kebersihan udara harus dijaga dalam batas yang ditetapkan untuk memastikan kondisi lingkungan ruang operasi tetap sesuai dengan persyaratan tersebut. Untuk menjaga tingkat kebersihan udara, sistem HVAC ruang operasi dilengkapi dengan sistem filtrasi berlapis (Dai et al., 2021; Bali, 2021). Di Indonesia, persyaratan pengondisian udara pada ruang operasi dapat mengacu pada Pedoman Teknis Ruang Operasi Rumah Sakit yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman tersebut mengatur parameter udara lingkungan ruang operasi, seperti temperatur, kelembapan, tekanan, kebersihan udara, dan ventilasi (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012).

Dalam implementasinya, sistem HVAC ruang operasi bekerja melalui suatu sistem kontrol yang mengoordinasikan pengoperasian berbagai *equipment* agar dapat bekerja secara terintegrasi. Sistem kontrol tersebut tidak hanya berfungsi menjaga parameter udara tetap sesuai *setpoint*, tetapi juga memastikan setiap *equipment* beroperasi sesuai fungsi, kondisi, dan persyaratan operasinya (*interlock*) sehingga sistem dapat bekerja secara aman, terkoordinasi, dan andal.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Keandalan sistem kontrol menjadi hal yang penting karena gangguan pada salah satu *equipment*, khususnya AHU utama, dapat memengaruhi kontinuitas pengondisian udara ruang operasi (Aghili et al., 2025). Dengan demikian, aspek keandalan sistem kontrol menjadi faktor yang sama pentingnya dengan aspek pengondisian parameter udara itu sendiri. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol HVAC ruang operasi perlu memiliki mekanisme cadangan untuk menjaga kontinuitas pengondisian udara ketika salah satu peralatan utama mengalami gangguan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan sistem kontrol dan monitoring HVAC yang dapat mengakomodasi mekanisme backup untuk menjaga kontinuitas pengondisian supply udara. Pada sistem ini, mekanisme cadangan diwujudkan melalui penambahan AHU *backup* serta sehingga supply udara dapat dialihkan ke unit backup ketika AHU utama mengalami gangguan. Selain itu, sistem monitoring diperlukan agar kondisi peralatan dan parameter udara dapat dipantau secara terintegrasi dan real-time (Durán et al., 2022) untuk mendukung pengambilan keputusan operator (Montuori et al., 2024). Oleh karena itu, perancangan sistem kontrol dan monitoring HVAC ruang operasi dengan mekanisme backup AHU diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem dalam menjaga kontinuitas pengondisian udara pada ruang operasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah yang dibahas adalah:

- a. Bagaimana fungsi logika FBD dalam mengendalikan pengoperasian AHU utama dan AHU backup pada sistem HVAC ruang operasi?
- b. Bagaimana BMS digunakan untuk memonitor kondisi dan pengoperasian sistem HVAC ruang operasi?
- c. Bagaimana kinerja sistem AHU ruang operasi berdasarkan pengujian variasi *fan speed*, variasi *setpoint temperatur*, dan *switching AHU backup*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu:

- a. Menjelaskan program kontrol dalam mengendalikan sistem HVAC ruang



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

operasi yang menggunakan AHU utama dan AHU backup.

- b. Menjelaskan fungsi BMS dalam memonitor kondisi sistem HVAC ruang operasi.
- c. Mengevaluasi kinerja sistem AHU ruang operasi berdasarkan hasil pengujian variasi fan speed, variasi setpoint temperatur, dan switching AHU backup.

1.4 Luaran

Luaran yang dihasilkan dari tugas akhir ini adalah:

- a. Uraian fungsi program kontrol pada sistem HVAC yang menggunakan AHU utama dan AHU backup.
- b. Uraian fungsi monitoring BMS pada sistem HVAC ruang operasi.
- c. Hasil evaluasi kinerja sistem AHU ruang operasi berdasarkan pengujian variasi fan speed, variasi setpoint temperatur, dan switching AHU backup.
- d. Artikel ilmiah yang ditujukan untuk publikasi pada Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE).

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan

- a. Sistem kontrol dan monitoring HVAC ruang operasi berbasis BMS direalisasikan menggunakan *controller* DDC dengan logika FBD. Sistem mengintegrasikan pemilihan AHU, pengoperasian *damper*, *supply fan*, *cooling coil*, *electric heater*, *exhaust fan*, perhitungan *airflow* dan ACH, serta mekanisme *switching* AHU-05 sebagai unit backup.
- b. Hasil pengujian variasi *fan speed* menunjukkan bahwa peningkatan *fan speed* berpengaruh terhadap *airflow*, ACH, dan DP *room*. Pada *fan speed* 48%, sistem menghasilkan *airflow* 4.588 m³/h, ACH 31,9 kali/jam, DP *room* +25,8 Pa, temperatur ruang 20,0°C, dan RH 47,0%. Kondisi tersebut menjadi kondisi operasi paling sesuai dari variasi yang diuji karena telah memenuhi acuan temperatur, kelembapan, tekanan positif, dan minimum ACH.
- c. Pengujian variasi setpoint temperatur pada fan speed 48% menunjukkan bahwa sistem tetap mampu mempertahankan parameter ruang pada kondisi acuan untuk *setpoint* 19–22°C. Nilai TDP stabil berada pada rentang 7,20–10,30°C, sedangkan *electric heater feedback* mengalami kenaikan sementara hingga 39,5–50,0% sebelum kembali ke nilai dasar 35,0%. Hal ini menunjukkan *electric heater* memberikan respons koreksi terhadap perubahan kondisi udara dan target temperatur ruang.
- d. Pengujian *switching* AHU-05 menunjukkan bahwa AHU-05 dapat digunakan sebagai unit *backup* untuk OT-1 dan OT-2. Pada OT-1, seluruh parameter utama tercapai pada menit ke-12 dengan *airflow* 4.595 m³/h, ACH 31,9 kali/jam, dan DP *room* +24,8 Pa. Pada OT-2, parameter utama juga tercapai pada menit ke-12 dengan *airflow* 4.592 m³/h, ACH 41,4 kali/jam, dan DP *room* +21,3 Pa. Nilai ACH OT-2 lebih besar karena volume ruang OT-2 lebih kecil dibandingkan OT-1.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

- a. Pengujian AHU dan *switching* AHU *backup* perlu dilakukan pada beberapa kondisi beban ruang serta dilengkapi skenario gangguan untuk memastikan interlock dan alarm bekerja dengan sesuai.



DAFTAR PUSTAKA

- Aghili, S. A., Khanzadi, M., & Monir Vaghefi, Z. (2025). A data-driven based framework for resilience assessment of hospital HVAC systems. *Journal of Building Engineering*, 112, 113656. DOI:10.1016/j.jobbe.2025.113656.
- ASHRAE (2020). *ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipment*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Bali, R. K. (2021). Operating Room Protocols and Infection Control. In K. Bonanthaya, E. Panneerselvam, S. Manuel, V. V. Kumar, & A. Rai (Eds.), *Oral and Maxillofacial Surgery for the Clinician* (pp. 173–194). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1346-6_9
- Dai, R., Liu, S., Wu, H., et al. (2021). A systematic review and meta-analysis of indoor bioaerosols in hospitals: The influence of heating, ventilation, and air conditioning. *PLOS ONE*, 16(2), e0247515. DOI:10.1371/journal.pone.0247515.
- Durán, C., Espinosa, E., Palominos, F., et al. (2022). Monitoring of thermal comfort and air quality for sustainable energy management inside hospitals based on online analytical processing and the Internet of Things. *Sensors*, 22(19), 6850. DOI:10.3390/s22196850.
- Gormley, T., Markel, T. A., Jones, H., Greeley, D., Ostojic, J., Clarke, J. H., Abkowitz, M., & Wagner, J. (2017). Cost-benefit analysis of different air change rates in an operating room environment. *American Journal of Infection Control*, 45(12), 1318–1323.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2012). *Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit*. Jakarta: Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Montuori, P., Russo, I., De Rosa, E., Di Duca, F., De Simone, B., & Triassi, M. (2024). Air monitoring in operating rooms: Results from a comprehensive study in the Campania Region. *Atmosphere*, 15(7), 859.
- Murphy, J. (2002). Dehumidification performance of HVAC systems. *ASHRAE Journal*, 44(3), 23–28.
- Schneider Electric (2025a). *SHD2 Series Humidity Sensors - Analog: Specification Sheet*. Schneider Electric.
- Schneider Electric (2025b). *EPD302 Differential Air Pressure Transmitter: Product Data Sheet*. Schneider Electric.
- Suparman, N. D. (2010). *Kajian Sistem Tata Udara Ruang Operasi* (Tesis). Bandung: ITB.
- Taboada-Orozco, A., Yetongnon, K., & Nicolle, C. (2024). Smart buildings: A comprehensive systematic literature review on data-driven building management systems. *Sensors*, 24(13), 4405.
- Wang, S. (2010). *Intelligent Buildings and Building Automation*. London: Spon Press.
- Daikin Applied Europe S.p.A. (2020). *Air Handling Unit: Operation Manual* (D-EOMAH00006-20EN). Ariccia, Italy: Daikin Applied Europe S.p.A.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Tio Satria Niskalla

Lulus dari SD Dharma Karya UT Tangerang Selatan, Banten pada tahun 2016, SMPN 2 Tangerang Selatan pada tahun 2019, dan SMAN 6 Depok pada tahun 2022. Gelar Diploma Empat (D4) diperoleh pada tahun 2026 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Dokumentasi



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**